

Josef ALDORF¹, Eva HRUBEŠOVÁ²

METODIKA POSUZOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI LIKVIDACE JAM NEZPEVNĚNÝM ZÁSYPEM

RELIABILITY ASSESSMENT METHODOLOGY FOR THE SHAFT DISPOSAL USING UNPAVED BACKFILL

Abstrakt

V příspěvku se autoři zabývají problematikou spolehlivosti likvidace jam nezpevněným zásypem, rizikovými faktory této likvidace, možnostmi jejich eliminace a požadavky na obsah projektu likvidace z hlediska spolehlivosti stability zásypu. Součástí příspěvku jsou rovněž grafy ilustrující vývoj horizontálních napětí v zásypu jámy, délky autostabilizační zátky a závislost sedání zásypu na vybraných určujících vstupních parametrech.

Klíčová slova

Jáma, nezpevněný zásyp, likvidace, autostabilizační zátky, spolehlivost

Abstract

In this paper, the authors present reliability problem of the shaft disposal using unpaved backfill, risk factors of this disposal, possibility of eliminating this risk and requirements for the disposal in terms of reliability of backfill stability. Part of the paper are also graphs illustrating the development of the horizontal stress in the shaft backfill, length of the self-stabilization plug and backfill settlement dependence on selected input parameters.

Keywords

Shaft, unpaved backfill, disposal, self-stabilization plug, reliability

1 ÚVOD

Problematika stability zásypu v širším kontextu spolehlivosti likvidace jámy je pojmem, jehož obsah je nepříliš určitě definován v implicitně vyjádřených požadavcích vyhlášky ČBÚ č. 52/1997 Sb. Vyhláška tento pojem nespécifikuje ani v závislosti na konkrétních podmínkách likvidované jámy, ani v závislosti na zvoleném technickém a technologickém řešení.

Stabilita zásypu je proto pojmem se širokým obsahem a záběrem, vyjadřující komplexní požadavek na spolehlivost likvidace jámy. Při použití nezpevněného zásypu tyto požadavky na spolehlivost zásypu lze definovat v obecných rysech:

1) minimalizace sedání (stlačování) zásypu z hlediska:

- vlivu materiálových vlastností zásypu (hutnění, zrnitosti, stlačitelnosti, obsahu jílovitých a rozložitelných příměsí, stability struktury atd.),

¹ Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321944, e-mail: josef.aldorf@vsb.cz.

² Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

- vlivu technologie provádění zásypu (množství zasypávaného materiálu, způsobu dopravy do jámy, provádění zásypu do suché jámy, do zatopené jámy apod.),
- vlivu technické přípravy jámy pro provádění zásypu (likvidace zařízení v jámě, odstranění překážek (lezni oddělení, rozpony, průvodnice, kabely, potrubí)),
- vlivu hydrogeologických poměrů v jámě v době likvidace a jejich vývoje po ukončení likvidace (zatopení či odvodňování důlního pole apod.),
- vlivu způsobu likvidace pater, nárazišť a proniků důlních děl do jámy (výstavba uzavíracích hrází, volba jejich konstrukce, dlouhodobá funkčnost a spolehlivost, likvidace proniků bez uzavíracích hrází apod.),
- způsobu a kvality kontroly zasypávaných objemů.

2) umožnění realizace opatření vedoucích k rychlé eliminaci následků zvýšeného sedání zásypu (monitoring sedání, konstrukce ohlubňové zátky umožňující dosypání zásypu)

3) zajištění stability ústí jámy a eliminace nebezpečí vytvoření propadlin v okolí ústí jámy z hlediska:

- konstrukce a délky uzavírací jámové zátky,
- vlivu hydrogeologických poměrů v okolí ústí jámy,
- stability jámové zátky,
- způsobu likvidace jámových kanálů a děl pod ohlubní,
- realizace uzavíracího ohlubňového povalu a jeho únosnosti.
- nutné velikosti a tvaru bezpečnostního pásma kolem jámy.

4) stavu stability jámy v době před započítáním její likvidace:

- porušenost a deformace výztuže jámy a náchylnost k zavalování,
- strukturní stabilita nevyztužené jámy,
- zatopení jámy a potřeba provádět zásyp „do vody“,
- stabilita ústí jámy.

Výše uvedené faktory determinují spolehlivost likvidace a v jejím projektu i při samotné realizaci prací musí být vzaty v úvahu, sledovány a kontrolovány. Hlavní zásady pro návrh a posouzení dlouhodobé spolehlivosti likvidace jámy při použití nesoudržného materiálu plynulé zrnitosti cca 50-250 mm musí respektovat jeho výslednou strukturu, která po částečné degradaci zrn způsobené pádem a nárazy padajícího materiálu na překážky v jámě (rozpony, nosníky), dosahuje prakticky konečné zrnitosti 0-250 mm s minimem mezer ve výsledném uloženém zásypu. Tato okolnost vede k jinému druhu chování zásypu v jámě, především v místech proniků horizontálních děl, charakterizovanému „vtlačováním“ zásypu do horizontálních děl a vytváření tzv. autostabilizačních zátek (obr. 2) v těchto dílech. Toto rozdílné chování ve srovnání se zásypem s tzv. štetovou bází na likvidovaných patrech rovněž nevyžaduje striktně realizovat opatření k ochraně vnějšího svahu vtlačeného zásypu (popílkové a jiné hráze dostatečné únosnosti).

Rozdíl v mechanickém chování „štetové báze“ (obr. 1) vyplývá z její vysoké strukturní pevnosti dosahované výběrem materiálu (kvalitní kámen s kusovitostí 200-300 mm) a geometrií zásypu v jámě.

Koncepce zajištěného vtlačeného zásypu je tedy variantou likvidace se srovnatelnou spolehlivostí nevyžadující realizaci štetového zásypu v místech proniků.

2 RIZIKA DETERMINUJÍCÍ SPOLEHLIVOSTI LIKVIDACE

S ohledem na současný stav jámy a technologii její likvidace je zapotřebí v projektu definovat rizika, která determinují spolehlivost likvidace a dlouhodobě vytvářejí stavy ohrožení okolí jámy. Z těch hlavních to jsou:

- způsob sypaní materiálu a optimální zrnitost zásypového materiálu (vč. nutnosti sypaní do vody),
- stabilita zásypu v jámě ve vztahu k možnosti vyjetí zásypu do prostor nárazišť, sedání

zásypu, vzniku dutin a nezaplnění prostoru jámy,

- vznik samovolné zátky v jámě,
- nadměrné sedání zásypu v důsledku velké stlačitelnosti materiálu zásypu (vč. zásypu prováděného „do vody“),
- nestabilita ústí jámy a ohrožení okolí jámy vznikem propadliny.

Rizika, která jsou vázána na použití nepevněného zásypového materiálu, můžeme definovat v těchto hlavních bodech:

- nestabilita zásypu vzniklá překročením únosnosti uzavíracích stěn slojových proniků, nárazišť apod., která by mohla vést ke vzniku dodatečných poklesů zásypu v jámě v důsledku „vtlačení“ zásypu do horizont. děl; hlavní příčinou vzniku tohoto typu nestability je obvykle působení hydrodynamických sil od proudění vody,
- nestabilita zásypu vzniklá na základě přítomnosti nezaplněných míst v jámě (vytváření samovolných zátek, nezaplnění prostor ležního oddělení apod.),
- nestabilita zásypu vzniklá překročením únosnosti uzavíracích zděných stěn v pronicích a náražích,
- nestabilita zásypu daná vysokými hodnotami sedání zásypu v důsledku vysoké stlačitelnosti, přítomnosti dutin v zásypu a oblastí nízkého zhutnění, vzniku hydrodynamických sil v zásypu apod.,
- nestabilita zásypu vzniklá snížením (degradací) mechanických vlastností zásypového materiálu (při vysokém obsahu jílovitých příměsí a zvodnění zásypu); snížení pevnostních vlastností zásypu by vedlo ke zvýšení horizontálního tlaku na uzavírací hráze a stěny, ke zvětšení délky autostabilizačních zátek v náražích a ve svých důsledcích ke zvětšení poklesů zásypu v jámě,
- nestabilita zásypu vznikající v důsledku nestability autostabilizačních zátek v horizontálních dílech (náraží); nestabilita těchto zátek je determinována jak degradací pevnostních vlastností zásypu, tak působením hydrodynamických sil při absenci opěrných hrází,
- nestabilita ohlubňové zátky determinující stabilitu ohlubně a ústí jámy.

Eliminaci uvedených rizik je možno zajistit:

- průkazem únosnosti uzavíracích stěn a hrází ve vztahu k jejich očekávanému zatížení pro jeho nejméně příznivý případ,
- používáním zásypového materiálu s nízkým obsahem jílovitých příměsí (do cca 3% objemu) a vhodné zrnitosti,
- povinností dodržování předepsané technologie provádění zásypu a její kontroly ve smyslu požadavků vyhl. ČBÚ č.52/1997 (§ 4, 6, 7, 16)
- pečlivě a důsledně prováděným dlouhodobým monitoringem sedání zásypu pod ohlubňovou zátkou a pečlivě prováděným dosypáváním materiálu do vzniklých prostor pod zátkou,
- použitím hrubozrnného materiálu zrnitosti 80-250 mm (typu štětu) pro zásyp v oblasti proniků a nárazišť (s převahou frakce 250 mm).

Příznivými faktory pro realizaci likvidace jsou především:

- dobré geotechnické a geologické podmínky v místech proniků jam a náraží; pokud se zde nachází velmi pevné vrstvy prachovců a pískovců, což zajišťuje vysokou stabilitu jam i přilehlých horizontálních děl, je spolehlivost likvidace obvykle vysoká,
- únosné uzavírací hráze provedené ve všech přístupových dílech do jámy, jejichž lokalizace (vzdálenost od proniků) i délka (únosnost) může spolehlivě stabilizovat vtlačený nesoudržný zásyp,
- nízké zvodnění jámy a případné trvalé odvodňování zásypu,

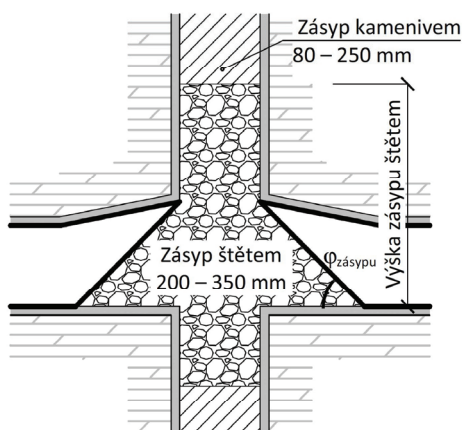
- spolehlivá ohlubňová zátka, obsahující kontrolní a dosypávací potrubí, kterým lze provádět případné dosypávání zásypu, u kterého by došlo k případnému poklesu.

3 POŽADAVKY NA OBSAH PROJEKTU LIKVIDACE Z HLEDISKA SPOLEHLIVOSTI STABILITY ZÁSYPU

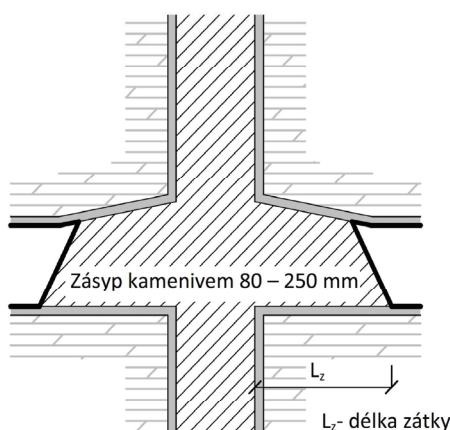
Projekt likvidace jámy, z hlediska požadavků na spolehlivost stability zásypu, musí obsahovat povinně následující minimální specifikace a průkazy:

- specifikace zásypového materiálu z hlediska dlouhodobé stability jeho struktury, petrografického složení, zrnitosti, znečištění zdrojů materiálu, kapacit zdrojů, dopravy atd., průkazy ekologické nezávadnosti, prohlášení o shodě,
- stanovení technologie provádění zásypu pro dané podmínky jámy, způsob kontroly provádění, kontroly zasypávaných objemů, specifikaci technických opatření pro dodržení stanovených postupů (okátost mříže, rychlost provádění zásypu), specifikaci požadavků pro provádění zásypu při překážkách v jámě (lezní oddělení apod.),
- větrání během likvidace jámy,
- stanovení fyzikálně-mechanických vlastností zásypového materiálu na základě zkoušek, odborných odhadů, analogie apod.,
- stanovení a popis stabilitního stavu jámy, způsoby uzavření starých proniků,
- geologický profil jámou s uvedením stabilitně rizikových úseků jámy,
- způsob zajištění pater a proniků a konstrukce navrhovaných patrových hrází, vč. průkazu jejich únosnosti a jejich lokalizace,
- stanovení velikostí sedání zásypu, vč. ocenění a kvantifikace rizik při porušení patrových uzávěr a hrází, stanovení únosnosti uzavíracích hrází,
- stanovení velikostí autostabilizačních zátek v horizontálních dílech a ocenění jejich vlivu na velikost a průběh sedání zásypu,
- návrh konstrukce ohlubňové zátky, stanovení jejich materiálových a geometrických parametrů, průkaz únosnosti ohlubňové zátky i pro mimořádné zatížení,
- způsob likvidace přípovrchových děl pod ohlubní,
- konstrukce, geometrie a průkaz únosnosti ohlubňového povalu.

Pro posouzení hlavních stabilitních a spolehlivostních parametrů likvidace je zapotřebí využívat doporučené algoritmy pro jejich stanovení, příp. posouzení.

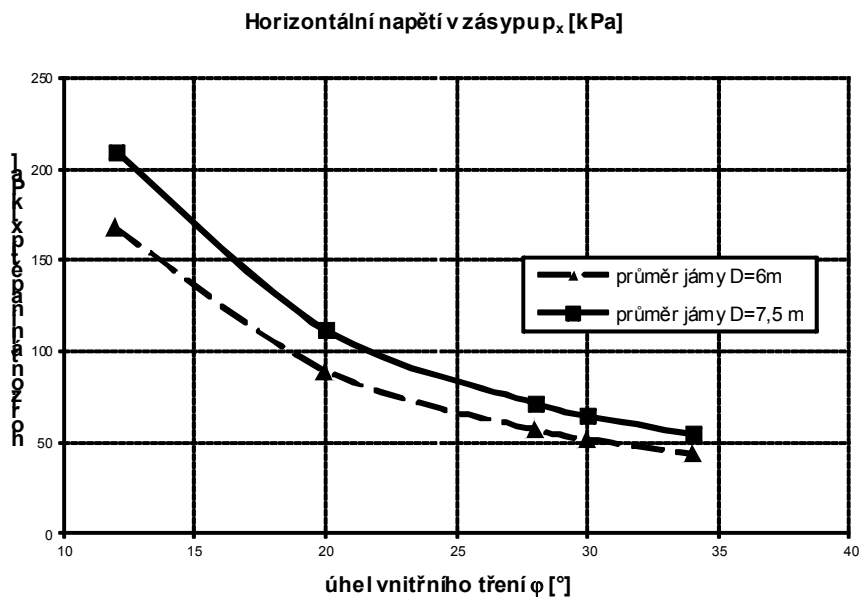


Obr.1: Štěťová báze v náraží

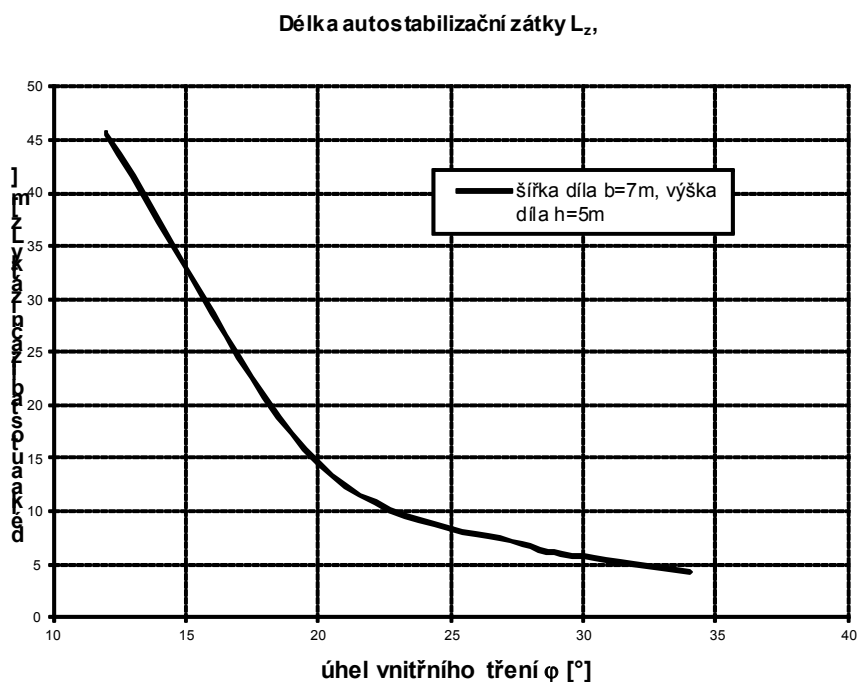


Obr.2: Autostabilizační zátka v náraží

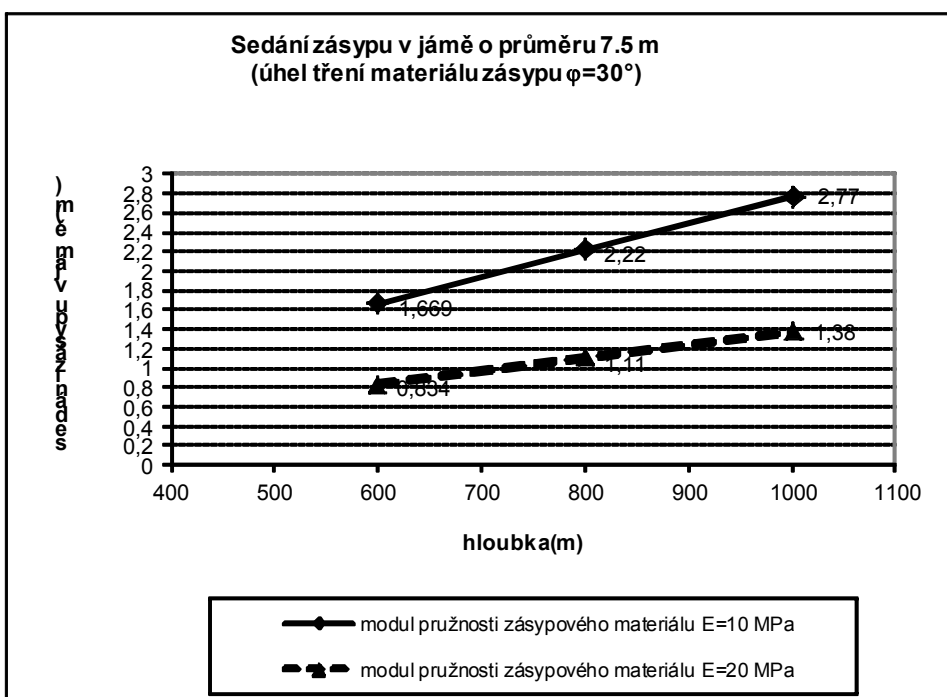
Příklady výsledků řešení základních parametrů spolehlivosti likvidace jsou uvedeny na obr. č. 3-5 pro velikost horizontálních napětí v zásypu, délku autostabilní patrové zátky (délka vtlačeného zásypu) a sedání zásypu, v závislosti na hloubce likvidované jámy. Popis použitých algoritmů je uveden v lit. [1].



Obr. 3: Graf závislosti horizontálního napětí v zásypu jámy na úhlu vnitřního tření



Obr. 4: Graf závislosti délky autostabilizační zátky na úhlu vnitřního tření



Obr. 5: Graf vývoje sedání zásypového materiálu v závislosti na hloubce

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl realizován za finanční podpory projektu ČBÚ 36-05 “ Možnosti likvidace hlavních důlních děl nebezpečným zásypovým materiálem”.

LITERATURA

- [1] ALDORF, J., HRUBEŠOVÁ, E.: *Likvidace jam nesoudržným materiálem*. Souhrnné doporučení projektu ČBÚ č. 36-05. Ostrava 2007.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Jiří Ptáček, Ph.D., Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Ostrava.

Ing. Milan Stoniš, Green Gas DPB, a.s., Paskov.